Estudi del fitoplàncton de les aigües costaneres de les Illes Balears (2005-2006) en el marc de la implantació de la Directiva Marc Europea de l'Aigua per a l'avaluació del seu estat ecològic

Margarita PUIGSERVER, Núria MONERRIS i Gabriel MOYÀ

SHNB

SOCIETAT D'HISTÒRIA NATURAL DE LES BALEARS

Puigserver, M., Monerris, N. i Moyà, G. 2008. Estudi del fitoplàncton de les aigües costaneres de les Illes Balears (2005-2006) en el marc de la implantació de la Directiva Marc Europea de l'Aigua per a l'avaluació del seu estat ecològic. *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears,* 51: 49-62. ISSN 0212-260X. Palma de Mallorca

En el present treball es recullen els resultats de l'estudi de la composició i abundància del fitoplàncton destinat a l'avaluació de l'estat ecològic de les masses d'aigua costaneres en el marc de la implantació de la Directiva Marc Europea de l'Aigua (DMA) a les Illes Balears. S'ha agafat com a referència de zona no alterada antròpicament la corresponent al Parc Nacional de l'Arxipèlag de Cabrera. S'han identificat un total de 251 tàxons a nivell d'espècie o gènere (141 dinoflagel·lades, 90 diatomees i 20 d'altres flagel·lats). D'aquests tàxons, 26 són reconeguts com a tòxics segons la *Intergovernmental Oceanographyc Commission (IOC)* i 4 són coneguts formadors de proliferacions. Les màximes concentracions s'han localitzat principalment a l'illa de Mallorca i de forma recurrent a zones amb una alta influència antròpica com les badies de Palma i Alcúdia. La majoria de les mostres presenten una comunitat dominada per haptòfites dels gèneres *Phaeocystis* i *Chrysochromulina* i altres espècies ultraflagel·lades. *Phaeocystis* ha dominat també les comunitats de referència de Cabrera i associam les seves proliferacions a factors naturals. El segon grup més abundant són les diatomees, dominant els gèneres *Pseudo-nitzschia* i *Chaetoceros*. D'acord amb el fitoplàncton, la major part del litoral Balear es troba en unes bones condicions ecològiques. Mentre què determinades àrees, com algunes badies i zones portuàries, presenten condicions que afavoreixen les proliferacions fitoplanctòniques i la presència d'espècies indicadores d'alteracions del sistema.
Paraules clau: *Directiva Marc Europea de l'Aigua (DMA), estat ecològic, litoral, fitoplàncton, Illes Balears.*

PHYTOPLANKTON STUDY FROM THE BALEARIC COASTAL WATERS (2005-2006) FOR ECOLOGICAL STATUS EVALUATION WITHIN THE IMPLEMENTATION OF THE WATER FRAMEWORK DIRECTIVE. The present study reports the phytoplankton composition and abundance from the coastal waters for the ecological status evaluation for the implementation of the Water Framework Directive (WFD) in the Balearic Islands. The Cabrera Archipelago National Park has been taken as the undisturbed pristine reference area. A total of 251 species or genera have been identified (141 dinoflagellates, 90 diatoms and 20 other flagellates). From these, 26 species are included in the Intergovernmental Oceanographic Commission (IOC) toxic algae checklist and 4 of them are well known bloom formers. Maximum cell abundances were found mainly in the waters off the island of Mallorca particularly in highly anthropogenically-influenced areas such Palma and Alcúdia Bays. Most samples are dominated by haptophytes from the *Phaeocystis* and

Chrysochromulina genera, and also from other ultraflagellated species. *Phaeocystis* has been the most abundant algae as in the Cabrera reference area, and its blooms are related to natural factors. Diatoms are the second most abundant group, with *Pseudo-nitzschia* and *Chaetoceros* as the dominating genera. Based on this phytoplankton study, most Balearic coastal waters are in good ecological status. However, in some particular areas, such as certain bays and harbours, they have an ecological status which favors phytoplankton blooms and bio-indicator species which suggest environmental alterations are present in these areas.
Keywords: *Water Framework Directive (WFD), ecological status, coastal waters, phytoplankton, Balearic Islands.*

Margarita PUIGSERVER, Nuria MONERRIS i Gabriel MOYÀ, Grup d'Ecologia Interdisciplinària, Departament de Biologia, Universitat de les Illes Balears, ctra. Valldemossa km 7.5, 07122 Palma de Mallorca, e-mail: dbamps4@uib.es

Recepció del manuscrit: 01-ago-08; revisió acceptada: 17-nov-08.

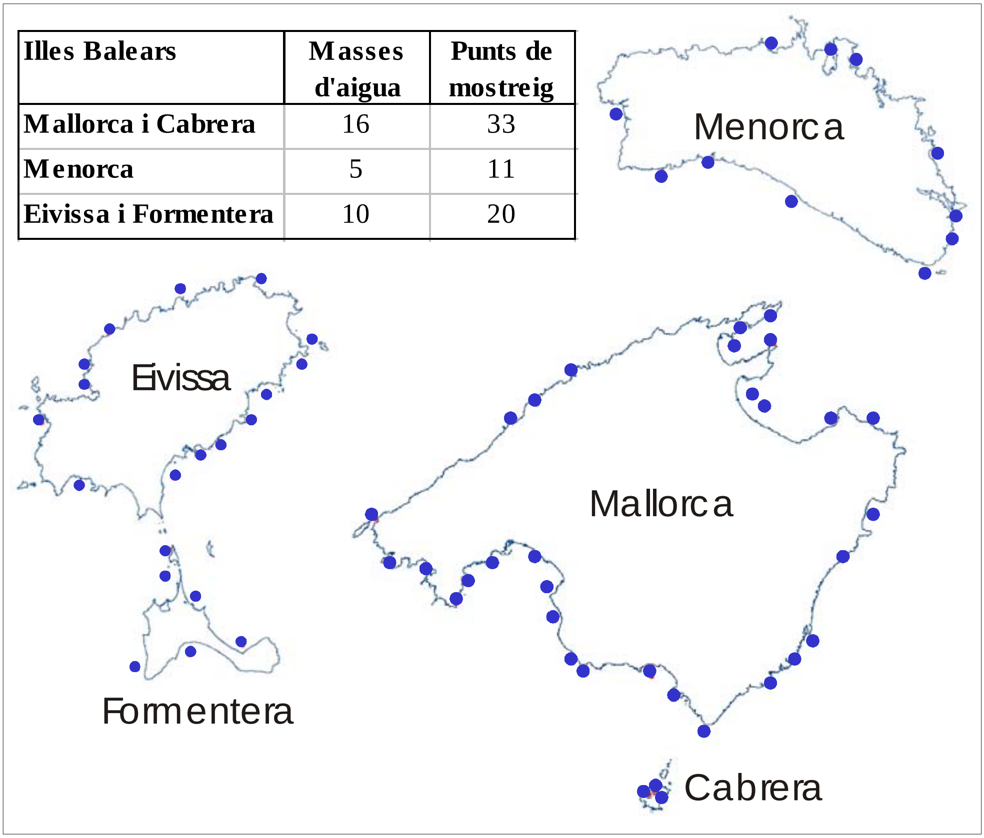
Introducció

La Directiva Marc Europea de l'Aigua (DMA, 2000) en el seu Annex V estableix que un dels Indicadors biològics per a la classificació de l'Estat Ecològic de les aigües costaneres és la composició, abundància i biomassa del fitoplàncton. En el present treball es recullen els resultats de l'estudi de la composició i abundància del fitoplàncton, destinat a l'avaluació de l'estat ecològic de les masses d'aigua costaneres en el marc de la implantació de la DMA a les Illes Balears. La utilització del fitoplàncton com indicador ecològic no s'ha de limitar a l'estudi quantitatiu si no que també ha d'incloure una anàlisi qualitativa de les espècies o grups funcionals que composen la comunitat. I per poder classificar les aigües segons el seu estat ecològic s'ha de comparar l'abundància i composició del fitoplàncton de cada massa d'aigua amb les de referència.

Fins ara, els estudis del fitoplàncton a les Balears s'havien restringit a àrees molt localitzades, principalment badies i ports, tant pel que fa referència a estudis de tota la comunitat fitoplanctònica (Vives, 1992; Puigserver, 2003) com als estudis relatius a espècies nocives o tòxiques (Forteza *et al.*, 1998; Puigserver *et a*l., 2001; Basterretxea *et al.*, 2005). L'objectiu d'aquest estudi és donar una primera referència de les característiques de les comunitats fitoplantòniques de tot el litoral balear i en diferents moments del cicle anual, per la qual cosa s'han realitzat quatre campanyes de mostreig compreses entre els estius de 2005 i 2006.

Materials i mètodes

S'han realitzat quatre campanyes de mostreig en què les mostres es varen recollir a 64 punts, distribuïts en 31 masses d'aigua delimitades segons criteris de la DMA i basats en el tipus de costa (Fig. 1). Els mostrejos es varen realitzar en les dates especificades a continuació junt amb la denominació de cada campanya: estiu 2005 (del 29 d'agost al 24 de setembre), hivern 2006 (del 3 al 27 de març), primavera 2006 (del 15 de maig al 3 de juliol) i estiu 2006 (del 21 d'agost al 19 de setembre). Es



Illes Balears	Masses d'aigua	Punts de mostreig
Mallorca i Cabrera	16	33
Menorca	5	11
Eivissa i Formentera	10	20

Fig. 1. Mapa de localització de les estacions de mostreig.
Fig. 1. *Sampling site location map.*

recollien mostres a 1 i 15 m de profunditat utilitzant una botella Niskin. Les mostres eren fixades amb unes gotes de Lugol acètic (Throndsen, 1978) i emmagatzemades pel seu posterior estudi.

La identificació i recompte del fitoplàncton es va realitzar per la tècnica d'Utermöhl (Margalef, 1974a) utilitzant columnes de sedimentació de 50 o 100 ml. Per a l'observació de les mostres s'ha utilitzat un microscopi invertit ZEISS Axiovert equipat per a la presa d'imatges digitals.

Resultats

Seguint la DMA s'ha agafat com a referència tipus de zona no alterada antròpicament la massa d'aigua corresponent al Parc Nacional de l'Arxipèlag de Cabrera, sense tenir en compte l'estació d'Es Castell per la influència que rep del port. S'han considerat proliferacions destacades les concentracions fitoplanctòniques totals quan el seu valor supera el doble de la màxima abundància cel·lular trobada a les

estacions de referència per a cada una de les campanyes de mostreig (Figs. 2 i 3; 5 i 6). Per tant, les concentracions cel·lulars que destacam varien segons les distintes campanyes.

Llistat taxonòmic del fitoplàncton

S'han identificat un total de 251 tàxons a nivell d'espècie o gènere. D'aquests, 141 tàxons pertanyen a les dinoflagel·lades, 90 són diatomees i 20 a altres classes taxonòmiques de flagel·lats. En alguns casos s'han identificat grups, com les *Pseudonitzschia* grup *delicatissima* i grup *seriata,* o el grup *Karlodinium*, en els que s'inclouen espècies morfològicament molt semblants que no es poden identificar específicament en els recomptes rutinaris. Dels tàxons identificats, 26 són reconeguts com a tòxics segons la *Intergovernmental Oceanographyc Commission* (IOC) i altres 4 són coneguts formadors de proliferacions tot i no produir toxines (Taula 1).

Abundància i composició fitoplanctònica generals

Les concentracions fitoplanctòniques totals han oscil·lat entre 139-2561 cèl/ml, 55-1740 cèl/ml, 127-4074 cèl/ml i 34-877 cèl/ml a les respectives campanyes. D'aquestes, un 77% de les mostres d'estiu 2005, un 94% a l'hivern, un 68% a la primavera i un 100% a l'estiu 2006 no varen superar les 1000 cèl/ml.

La major part de les mostres presenten una comunitat dominada per haptòfites dels gèneres *Phaeocystis* i *Chrysochromulina* i altres espècies ultraflagel·lades. Aquestes espècies van acompanyades per altres de distints grups. En general destaquen per la seva abundància les diatomees, les quals han mostrat proliferacions puntuals durant tot l'estudi i han proliferat de forma general a l'hivern a les illes de Menorca, Eivissa i Formentera, amb domini de *Pseudo-nitzschia*, i a la Badia de Palma, amb domini de *Chaetoceros* i *Pseudo-nitzschia*.

Pel que fa a les Dinoflagel·lades, les màximes abundàncies cel·lulars s'han detectat a la primavera, concretament a Sta. Ponça, Magalluf i Illetes a l'illa de Mallorca, a la costa nord de Menorca des de Fornells a S'Algar i a punts concrets d'Eivissa i Formentera. En aquestes mostres abunden *Heterocapsa pygmaea* i diverses espècies de Gymnodinials i en elles s'ha observat també la presència de tòxiques principalment dels gèneres *Alexandrium*, *Dinophysis, Karenia* i *Prorocentrum*. Altres creixements de dinoflagellades s'han detectat a l'estiu de 2005 a Cala Gamba, Port d'Alcúdia, Cala Millor, Portocristo i Portocolom, amb domini de Gymnodinials i creixement d'*Alexandrium* a Cala Millor, Portocristo i Portocolom. A l'estiu de 2006 s'ha detectat novament a Cala Gamba, un creixement de dinoflagel·lades Gymnodinials.

Estiu 2005

Les màximes concentracions de l'estiu 2005 s'observaren a l'illa de Mallorca (Fig. 2). Les abundàncies cel·lulars superaren les 2000 cèl/ml a la Badia de Palma, concretament a cala Gamba i Son Verí, i a cala Marmacen (Andratx). Superaren les 1500 cèl/ml en el port de Sóller i Cala Millor.

La resta de mostres amb concentracions superiors a les 1000 cèl/ml corresponen a distints llocs del litoral de Mallorca, al Castell de Cabrera i a la Punta dets Andreus a Eivissa. Pel que fa a la Badia de Palma, junt amb les haptòfites i altres ultraflagellades, proliferaren les diatomees *Asterionellopsis glaciaris*, *Chaetoceros* i *Leptocylindrus minimus*. Entre les espècies tòxiques destaquen *Pseudo-nitzschia* grup *delicatissima*.

	Estiu 2005	Hivern 2006	Primavera 2006	Estiu 2006	Referència Cabrera
Akashiwo sanguinea #	X		X	X	
Alexandrium minutum	X	X	X	X	X
Alexandrium sp.	X		X	X	X
Amphidinium carterae	X				
Dinophysis cf. *acuminata*	X				
D. acuta	X	X	X		
D. caudata	X	X	X		X
D. fortii		X		X	
D. mitra		X	X	X	
D. cf. *norvegica*	X	X	X	X	X
D. rapa				X	
D. rotundata	X	X	X	X	X
D. sacculus		X	X		
D. tripos			X		
Gymnodinium catenatum				X	
Karenia papilionacea	X	X	X	X	
Karenia sp.	X	X	X	X	X
Karlodinium grup	X	X	X	X	X
Katodinium glaucum #	X		X		X
Ostreopsis siamensis	X		X	X	X
Prorocentrum balticum #	X	X	X	X	X
P. emarginatum				X	
P. lima			X	X	
P. minimum	X		X	X	X
P. rathymum	X		X		
Takayama pulchella #	X	X	X	X	
Pseudo-nitzschia gr. *delicatissima*	X	X	X	X	X
Pseudo-nitzschia gr. *seriata*		X	X	X	X
Heterosigma akashiwo	X	X	X		
Phaeocystis sp.	X	X	X	X	X

Taula 1. Aparició d'espècies tòxiques segons la llista de referència de la IOC i altres formadores de proliferacions (#).
Table 1. *Records of IOC toxic algae and other bloom forming species (#).*

A Cala Marmacen, Port de Sóller i Cala Millor, la comunitat estava clarament dominada per ultraflagel·lades i haptòfites, amb mínima presència d'espècies potencialment nocives.

Hivern 2006

La major part de mostres d'aquesta campanya no superaren les 1000 cèl/ml. Les concentracions més altes s'han mesurat a la Badia de Palma, concretament a Son Verí amb una proliferació de diatomees amb domini de *Chaetoceros* junt amb *Pseudo-nitzschia* (Fig. 2). Altres zones amb altes concentracions fitoplanctòniques han estat les badies de Pollença i d'Alcúdia, Portocristo, Portocolom, badia de Palma i zones properes, punts diversos dels litorals de Menorca i Formentera (Fig. 2). Les comunitats estan majorment dominades per

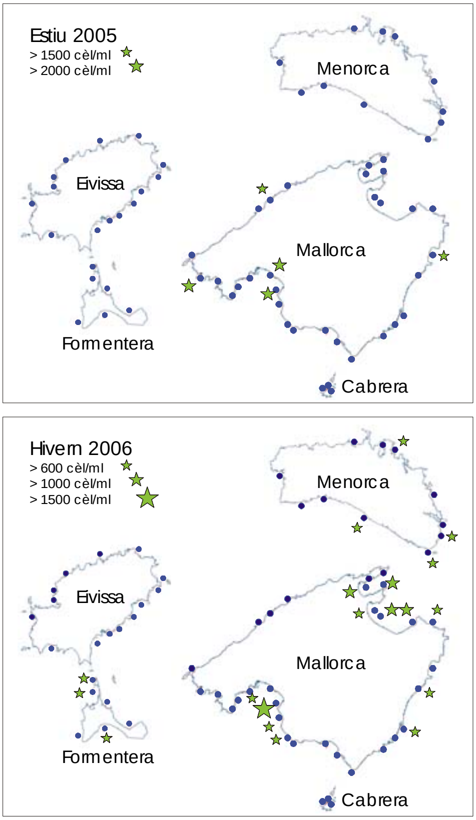


Fig. 2. Màximes concentracions fitoplanctòniques totals: estiu 2005 i hivern 2006.
Fig. 2. *Total phytoplankton maximum abundances: summer 2005 and winter 2006.*

haptòfites i altres ultraflagel·lats, i coincideixen amb proliferacions de *Pseudo-nitzschia* a les zones d'altes concentracions a Menorca i Formentera.

Primavera 2006

Les màximes concentracions s'han detectat a les costes nord de Mallorca i Eivissa i a tota l'illa de Menorca (Fig. 3), amb més de 3000 cèl/ml a Cala Deià, Fornells i St. Antoni. La comunitat estava dominada per ultraflagel·lades i amb escassa presència d'espècies potencialment nocives. Només a Fornells s'ha observat una major presència d'espècies tòxiques. Destaquen també les concentracions a Illetes, Magalluf i Sta.Ponça a l'illa de Mallorca, Punta dets Andreus a Eivissa i Punta de Sa Creu i Platja des Mitjorn a Formentera. En aquests llocs dominen haptòfites dels gèneres *Phaeocystis* i *Chrysochromulina*. Com espècies acompanyants destaquen la criptòfita *Plagioselmis prolonga* a Illetes, Magalluf i Cap Llentrisca, i les diatomees *Cylindrotheca closterium* i *Nitzschia longissima* a Sta.

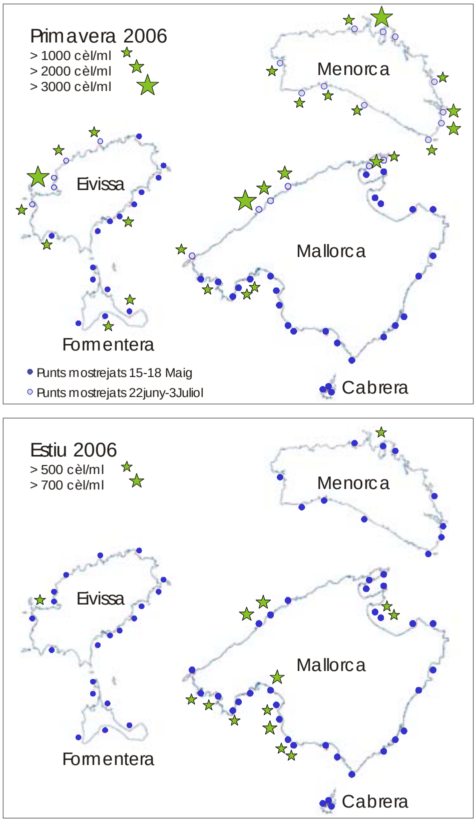


Fig. 3. Màximes concentracions fitoplanctòniques totals: primavera i estiu 2006.
Fig. 3. *Total phytoplankton maximum abundances: spring and summer 2006.*

Ponça i Punta de Sa Creu. Entre les espècies tòxiques destaca un creixement de *Prorocentrum balticum* a Sta. Ponça.

Estiu 2006

Cap de les mostres arribà a les 1000 cèl/ml en aquesta campanya i de forma general les comunitats estan dominades per haptòfites i altres ultraflagel·lades. Les concentracions més altes s'han trobat a Cala Deià, Port de Sóller, Hotel Delta i Cala Gamba (Fig. 3). També destaquen les concentracions dels voltants de la Badia de Palma, a Fornells i a St. Antoni, coincidint amb un creixement de la criptofícia *Plagioselmis prolonga* i un creixement de la diatomea *Leptocylindrus minimus* a Sta. Ponça.

Indicadors ecològics

Donada la complexitat de funcionament de les comunitats fitoplanctòniques, s'ha abordat l'estudi del fitoplàncton, com indicador ecològic, des d'una perspectiva que inclou: la concentració total de cèl·lules, les concentracions de diatomees, dinoflagel·lats, prymnesiòfites, euglenòfites, la suma dinoflagel·lades-prasinòfites-criptòfites, i les espècies formadores de blooms més abundants, *Pseudo-nitzschia* grup *delicatissima* i grup *seriata*, *Alexandrium*, *Prorocentrum balticum*, *P. minimum*, *Karenia* i el grup *Karlodinium*. En els mapes s'han representat els punts d'aparició (Fig. 4) o concentracions considerades altes a cada campanya (Figs. 5 i 6). En aquest darrer cas, s'han agafat els valors de >1cèl/ml per *Alexandrium* spp., *Prorocentrum balticum* i *P. minimum*; >10 cèl/ml per *Karenia* sp.; >200 cèl/ml i >10cèl/ml per a les *Pseudo-nitzschia* a l'hivern i les altres campanyes respectivament. En alguns casos, les concentracions d'*Alexandrium* spp., *Prorocentrum balticum* i *P. minimum* han superat aquests valors a molts punts inclosos les zones de referència a Cabrera, aleshores s'han representat només les zones on la concentració ha superat el doble del valor màxim trobat a les estacions de referència.

Les euglenòfites han estat poc abundants durant la major part de l'estudi i només han aparegut a punts concrets (Fig. 4). Les màximes concentracions s'han detectat a l'estiu de 2005 amb 12 cèl/ml a Portocolom i 9 cèl/ml a Portocristo.

S'ha calculat l'índex suma de dinoflagel·lades, prasinofícies i criptòfits que ha variat principalment associat a creixements de criptòfits. Sense tenir en compta la campanya d'hivern, s'observen punts concrets amb concentracions superiors al doble de la referència al Port d'Alcúdia, H. Delta, Son Verí, Cala Gamba, Illetes, Magalluf i Sta. Ponça a Mallorca, Fornells a Menorca i St. Antoni i Cala Llonga a Eivissa. A la campanya d'hivern, moltes zones tenen concentracions altes i a més de les ja esmentades també trobam els punts de Cap Pinar fins a Cala Matzocs, Portocristo i Portocolom a Mallorca; Illes Bledes, Cala des Grau, Cala Galdana i Cala

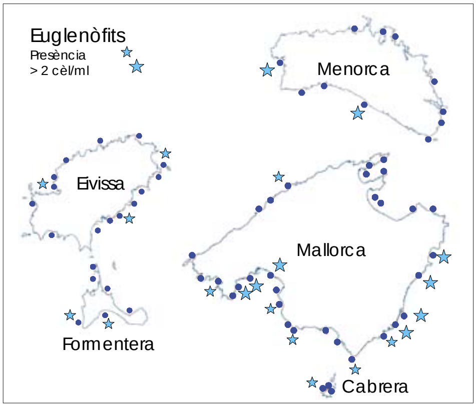


Fig. 4. Punts amb presència d'euglenòfits en algun moment de l'estudi.
Fig. 4. *Records of euglenophyceae in the study.*

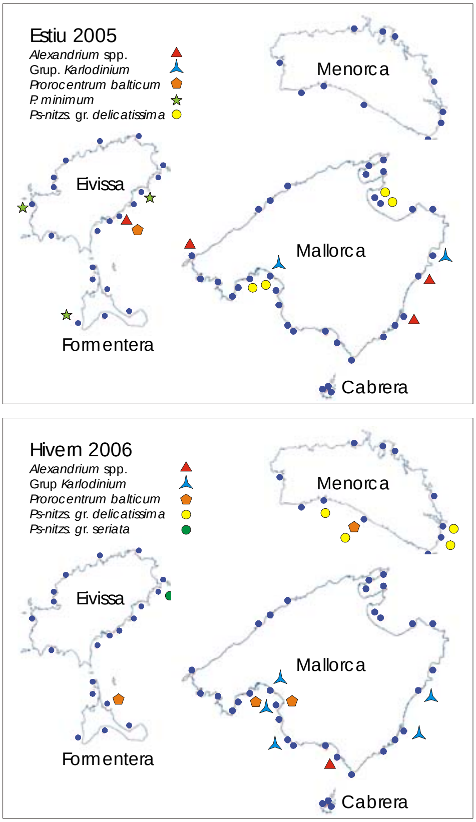


Fig. 5. Màximes concentracions d'espècies tòxiques: estiu 2005 i hivern 2006.
Fig. 5. *Toxic species maximum abundances: summer 2005 and winter 2006.*

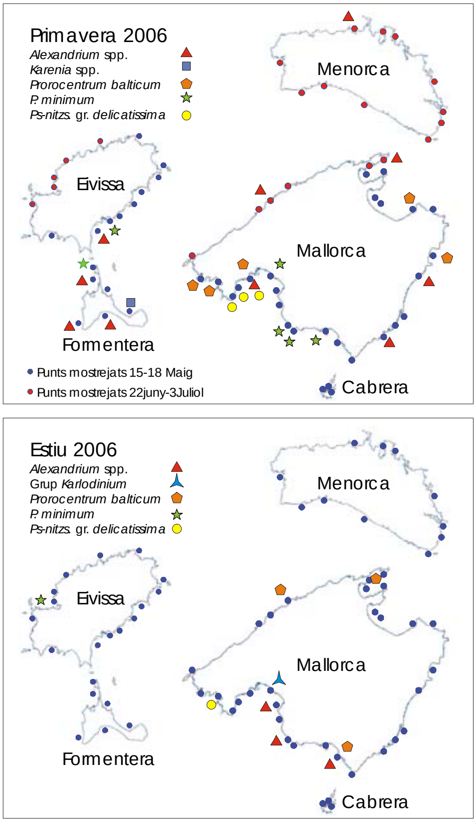


Fig. 6. Màximes concentracions d'espècies tòxiques: primavera i estiu 2006.
Fig. 6. *Toxic species maximum abundances: spring and summer 2006.*

Blanca a Menorca; Cap Llentrisca a Eivissa i Illetes, Cala Torreta, platja des Migjorn i Punta Rasa a Formentera. Només en el cas de Cala Llonga aquest màxim ha estat associat a un creixement de prasinòfits.

Les espècies tòxiques més abundants han estat les diatomees del gènere *Pseudo-nitzschia*, principalment del grup *delicatissima*, amb concentracions màximes de 65.000, 223.000, 58.000 i 22.000 cèl/l a cada campanya. Aquests màxims es varen localitzar al Port d'Alcúdia, Cala Llenya, Cala Figuera i Sta. Ponça respectivament.

Tot i presentar valors inferiors a 200 cèl/ml, s'han mesurat també concentracions altes de *Pseudo-nitzschia* a l'hivern a la Badia de Palma concretament a Son Verí i Cala Gamba, des del Cap Negret fins Cala Galdana a Menorca i a quasi tot el litoral d'Eivissa i Formentera.

Destaquen també les dinoflagel·lades del gènere *Alexandrium*, *A. minutum*, amb màxims de 17.000, 1.400, 5.000 i 1.800 cèl/l a cada campanya. Aquestes màximes concentracions es varen detectar a Portocristo, la Colònia de Sant Jordi, Port

de Sóller i Son Verí respectivament. A la primavera es va detectar la presència d'*Alexandrium* a la zona de referència i per tant, els valors representat en aquesta campanya han estat els superiors a 2.000 cèl/l (Fig. 6).

També foren abundants *Prorocentrum balticum* i *P.minimum*, amb concentracions màximes de 8.000 cèl/l a la primavera per a cada una d'aquestes espècies i concretament a Santa Ponça i cala Talamanca. La presència d'aquestes espècies s'ha observat a bastants punt, inclosos els de referència, sobretot a primavera i estiu. Els valors representats en els mapes són els >2.000 cèl/l a l'estiu per *P. balticum* i >4.000 cèl/l a la primavera i estiu per *P. minimum*.

A la primavera, s'ha observat un màxim de *Karenia* sp. de 16.000 cèl/l a Punta de Sa Creu a l'illa de Formentera.

S'han estudiat les concentracions, per separat, del grup *Karlodinium*, on també es consideren petites gymnodinials del gènere i d'altres amb característiques morfològiques molt similars i entre les que es troben algunes espècies tòxiques. Les màximes concentracions d'aquest grup, considerant les que doblen les màximes concentracions als punts de referència, han estat 34000 cèl/l a Cala Millor i Cala Gamba a l'estiu 2005, 19.000 cèl/l a Porto Cristo i Cala Gamba a l'hivern i 31.000 cèl/l a l'estiu 2006 una altre cop a Cala Gamba (Figs. 5 i 6).

Discussió

Pel que fa a l'abundància total fitoplanctònica, la major part de les mostres estudiades presenten concentracions inferiors a 1.000 cèl/ml, indicant un baix nivell tròfic, així com escassa producció primària, d'aquestes aigües. Les aigües nerítiques mediterrànies es caracteritzen per concentracions cel·lulars amb valors inferiors a les 100 cèl/ml fins a màxims que superen les 1000 cèl/ml durant les proliferacions (Carrada *et al.*, 1981; Estrada *et al.*, 1989; Zaghoul i Halim, 1992). Quan les concentracions cel·lulars superen aquests valors ens indiquen un major grau tròfic, com ocorre a zones costaneres eutròfiques com la Badia de Nàpols, a Itàlia, on les concentracions cel·lulars arriben a 115.000 cèl/ml durant les proliferacions d'estiu (Zingone *et al.*, 1990), i a zones molt eutròfiques com la Badia d'Elefsis, a Grècia, amb mitjanes de 2 milions de cèl/ml (Ignatiades, 1984).

Les concentracions més altes s'han mesurat a la campanya de primavera, concretament en els punts mostrejats a finals de juny i juliol (Fig. 2). Aquestes zones mostren un creixement fitoplanctònic característic de l'inici de l'estiu. Aquesta campanya es va realitzar en dues fases, amb un interval de temps que arriba a les set setmanes. Per tant, les mostres recollides en la segona fase no són comparables amb els resultats de la zona de referència de Cabrera, que fou mostrejada a la primera fase de l'estudi. Així, aquests resultats no s'han tingut en compte per fer la classificació de l'estat ecològic d'aquestes masses d'aigua.

Pel que fa a la resta de mostres, les màximes concentracions s'han localitzat principalment a l'illa de Mallorca i de forma repetida a zones amb una alta influència antròpica com són les badies de Palma i Alcúdia (Figs. 2 i 3).

Les comunitats fitoplanctòniques han estat majorment dominades per ultraflagel·lades, entre les quals abunden les haptòfites i concretament els gèneres *Phaeocystis* i *Chrysochromulina*. El gènere *Phaeocystis* pot formar grans proliferacions amb producció d'escumes (Green i Leadbeater, 1994) i està inclòs a la llista de

referència d'algues tòxiques de la IOC. Tot i això, es tracta d'un grup que ja s'ha associat anteriorment amb aigües oligotròfiques del litoral Balear amb influència oceànica (Puigserver, 2003). En altres zones mediterrànies també s'observa un major desenvolupament de petits flagel·lats en general i cocolitoforals a les aigües obertes oligotròfiques (Carrada *et al.*, 1981; Zingone *et al.*, 1990 i 1995). En aquest estudi, *Phaeocystis* ha dominat també les comunitats de referència de Cabrera i s'associa les seves proliferacions a factors naturals.

El segon grup en importància quantitativa han estat les diatomees, que han proliferat de forma general a l'hivern i de forma puntual la resta de l'estudi. Es tracta d'un grup amb elevades taxes de reproducció, que es veu afavorit en condicions de turbulència i altes concentracions de nutrients (Margalef, 1974b; Duarte *et al.*, 2000). Concretament, les diatomees proliferen quan els aports de nutrients són continuats, mentre que les entrades disperses de nutrients afavoreixen el creixement de flagel·lats i Gymnodinials (Carrada *et al.*, 1981).

La proliferació d'algunes espècies tòxiques, com *Pseudonitzschia* i *Alexandrium*, han estat documentades prèviament en el litoral Balear condicionades per factors antròpics (Puigserver *et al.*, 1999; 2001). En aquest estudi, no s'observa una clara relació entre les màximes abundàncies totals i les concentracions màximes de les espècies tòxiques, llevat de la ja esmentada per *Phaeocystis*. Així mateix, la major part d'aquestes espècies ha aparegut de forma habitual, incloses les estacions de referència de Cabrera (Taula 1). Altres, han estat menys abundants i s'han observat de forma esporàdica.

Les euglenòfites s'han relacionat des de fa temps amb elevades concentracions de nutrients i fenòmens d'eutrofització orgànica (Okaichi, 1980; Rosén, 1981; Romo i Miracle, 1995). Es tracta d'un grup amb escassa presència a les aigües marines i per tant, el seu potencial com indicador de la qualitat ecològica de les aigües és especialment important. En anteriors estudis a les Balears, concentracions altes d'euglenòfites han estat descrites a l'interior de zones portuàries (Puigserver, 2003). En aquest estudi, les euglenòfites s'han presentat de forma esporàdica a un bon nombre de punts de la costa de Mallorca i a zones disperses de Menorca i Eivissa (Fig. 4). La seva presència també s'ha observat en el port de Cabrera.

Pel que fa a l'índex suma de dinoflagel·lades, prasinòfits i criptòfit, també ha estat descrit amb valors elevats a zones portuàries de balears (Puigserver, 2003). En el present estudi l'augment d'aquest índex ha estat principalment associat a creixements de criptòfits, i especialment de l'espècie *Plagioselmis prolonga*. Aquest grup ha proliferat de forma general durant la campanya d'hivern, concordant amb el fet que es tracta d'un grup afavorit per les baixes temperatures (Klaveness, 1988; Lee, 1999) i del que hi ha prou registres de les seves proliferacions hivernals (Martín, 1995; Puigserver, 2003). Aquesta espècie i en general el grup de les criptòfites també es veu afavorida per condicions eutròfiques (Rosén, 1981; Puigserver, 2003) i en aquest sentit s'han d'interpretar els seus creixements observats a punts concrets com el Port d'Alcúdia, Badia de Palma, Sta. Ponça, Fornells i St. Antoni. Un cas especial és l'alt valor d'aquest índex observat a Cala Llonga a l'illa d'Eivissa i relacionat amb un creixement de prasinòfits, aquest grup es veu afavorit per la renovació de les aigües i constitueix l'etapa inicial de la successió

ecològica (Chrétiennot, 1974).

Temptativa de catalogació ecològica de les masses d'aigua

Per a realitzar la catalogació ecològica de les aigües costaneres de les Illes Balears hem estudiat els valors de distints descriptors fitoplanctònics, tal i com hem descrit anteriorment a l'apartat d'indicadors ecològics. Cada punt de mostreig agafa un valor d'impacte que augmenta com més descriptors fitoplanctònics s'allunyen dels valors de referència.

Seguint aquest criteri, les masses d'aigua han quedat catalogades de la següent forma:

- La major part de masses d'aigua del litoral Balear queden classificades amb un bon o molt bon estat ecològic.
- Amb un estat ecològic moderat trobam Sta. Ponça, Cala Llonga i Punta dets Andreus.
- Zones amb un estat deficient són Portocristo i Platja des Mitjorn.
- La zona de la Badia de Palma és la més afectada amb un estat ecològic de moderat a dolent.

Totes les masses d'aigua classificades amb un estat de moderat a dolent han mostrat proliferacions de fitoplàncton amb concentracions superiors a 1.000 cèl/ml en algun moment de l'estudi, cosa que recolza un major estat tròfic, amb l'excepció de Cala Llonga que en cap moment ha superat aquest valor.

D'acord amb aquest estudi podem concloure que la major part del litoral Balear es troba en unes bones condicions ecològiques; mentre què determinades àrees, com poden ser algunes badies i zones portuàries, presenten condicions que afavoreixen les proliferacions fitoplanctòniques i la presència d'espècies indicadores d'alteracions del sistema.

Aquests resultats constitueixen la primera descripció general de les comunitats fitoplanctòniques costaneres de les Illes Balears i alhora, la primera classificació de l'estat ecològic d'aquestes aigües en base a l'abundància i composició del fitoplàncton.

D'acord amb els criteris de catalogació que s'estableixen a la DMA, la informació sobre el fitoplàncton s'ha de complementar amb la corresponent a d'altres variables fisicoquímiques i biològiques, cóm és la concentració de clorofil·la *a*, per poder establir les condicions ecològiques definitives de les diferents masses d'aigua.

Agraïments

Aquest estudi ha estat subvencionat per un Conveni de Col·laboració entre l'Institut Balear de l'Aigua del Govern de les Illes Balears i la Universitat de les Illes Balears, per a l'Estudi d'implementació de la DMA a les Balears. El nostre agraïment al Sr. Alfredo Barón i al Sr. Fernando Orozco que han fet possible aquesta col·laboració. També agraïm a Eva Alós i Patricia Alonso la participació en l'anàlisi de part de les mostres. La recollida de mostres va ser realitzada per personal dels Serveis Cientificotècnics de la UIB, agraïm pel seu treball a totes les persones implicades i en especial al Dr. Josep Pablo i al director Dr. Sebastià Albertí.

Bibliografia

Basterretxea, G., Garcés, E., Jordi, A., Masó, M. i Tintoré, J. 2005. Breeze conditions as a favoring mechanism of *Alexandrium taylori* blooms at a Mediterranean beach. *Est. Coast. Shelf Sci.*, 62: 1-12.

Carrada, G.C., Fresi, E., Marino, D., Modigh, M. i Ribera d'Alcalà, M. 1981. Structural analysis of winter phytoplankton in the Gulf

of Naples. *J. Plankton Res.*, 3(2): 289-314.

Chrétiennot, M.J. 1974. Nanoplancton de flaques supralittorales de la région de Marseille II. Étude quantitative. *Protistologica*, 10 (4): 477-488.

Directiva Marco Europea del Agua 2000. Directiva 2000/60/C del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2000. Diario Oficial de las Comunidades Europeas, 22.12.200, I.327/1-72.

Duarte, C.M., Agustí, S. i Agawin, N.S.R. 2000. Response of a Mediterranean phytoplankton community to increased nutrient inputs: a mesocosm experiment. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 195: 61-70.

Estrada, M., Vives, F. i Alcaraz, M. 1989. Vida y producción en el mar abierto. *In*: Margfalef, R. (dir.). *El Mediterráneo Occidental*: 150-199. Omega. Barcelona.

Forteza, V., Quetglas, G. , Delgado, M., Reyero, M.I., Fraga, C., Franco, J.M. i Cacho, E. 1998. Toxic *Alexandrium minutum* bloom in Palma de Mallorca harbour (Balearic Islands, Western Mediterranean). *In:* Reguera, B., Blanco, J., Fernández, M.L. i Wyatt, T. (eds.). *Harmful Algae*: 160-162. Xunta de Galicia, Intergovernamental Oceanographic Comisión of UNESCO. Santiago de Compostela.

Green, J.C. i Leadbeater, B.S.C. (eds.) 1994. *The haptophyte algae*. The Systematics Association Special Volume nº 51. Clarendon Press. Oxford. 446 pp.

Ignatiades, L. 1984. Coarse-scale horizontal distribution of phytoplankton in a semi-enclosed coastal area. *P.S.Z.N. I: Marine Ecology*, 5(3): 217-227.

Klaveness, D. 1988. Ecology of the Cryptomonadina: a first review, In: Sandgren, C.D. (ed.). *Growth and reproductive strategies of freshwaters phytoplankton*: 105-134. Cambridge Univ. Press. Cambridge, UK.

Lee, R.E. 1999. *Phycology*. Cambridge Univ. Press. Cambridge, UK. 614 pp.

Margalef, M. 1974a. Counting. *In*: Vollenweider, R.A. (ed.). *A manual on methods for measuring primary production in aquatic enviromments*: 7-14. Blackwell Scientific Publications. Oxford.

Margalef, R. 1974b. *Ecología*. Omega. Barcelona. 951 pp.

Martín, M.T. 1995. *Regulación por nutrientes del crecimiento fitoplanctónico estuarino.* Tesis Doctoral Univ. Barcelona. Barcelona. 328 pp.

Okaichi, T. 1980. Soluble organic substances in bottom of the Seto Inland Sea and their physiological effects on *Eutreptiella* sp. *Umi To Sora*, 56: 93-105.

Puigserver, M. 2003. *Aspectes ecològics i taxonòmics del fitoplàncton a zones costaneres de la Mediterrània.* Tesi Doc. Univ. Illes Balears. Palma. 235 pp.

Puigserver, M., Moyà, G. i Ramon, G. 1999. Proliferació de l'espècie tòxica *Alexandrium minutum* Halim en el Port de Palma (Mallorca, març 1999), relació amb les característiques del medi. *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 42: 47-53.

Puigserver, M., Moyà, G. i Valencia, J.M. 2001. Seguiment del fitoplàncton tòxic a zones de recollida de marisc de les Balears durant els anys 1999 y 2000. *In*: Pons, G.X. (ed.). *III Jornades del Medi Ambient de les Illes Balears*: 183-184. Soc. Hist. Nat. Balears. Palma de Mallorca.

Romo, S. i Miracle, M.R. 1995. Diversity of the phytoplankton assemblages of a polymictic hypertrophic lake. *Arch. Hydrobiol.*, 132 (3): 363-384.

Rosén, G. 1981. Phytoplanktonindicators and their relations to certain chemical and physical factors. *Limnologica*, 13(2): 263-290.

Throndsen, J. 1978 Preservation and storage. In: Sournia, A. (ed.). *Phytoplankton manual.* Monographs on Oceanographic Methodology nº 6: 69-74. UNESCO. Paris.

Vives, F. (dir.) 1992. *Las medusas de las Islas Baleares (Ecosistema y Escifomedusas de la Bahía de Alcudia).* Dir. Gen. Medi Ambient. Palma de Mallorca. 280 pp.

Zaghloul, F.A. i Halim, Y. 1992. Long-term eutrophication in a semi-closed bay: the Eastern Harbour of Alexandria. *In*: Vollenweider, R.A., Marchetti, R. i Viavini, R. (eds.). *Marine coastal eutrophication*: 727-735. Elsevier. Amsterdam.

Zingone, A., Montresor, M. i Marino, D. 1990. Summer phytoplankton physiognomy in coastal waters of the Gulf of Naples. *P.S.Z.N.I: Marine Ecology*, 11(2): 157-172.

Zingone, A., Casotti, R., Ribera d'Alcalà, M., Scardi, M. i Marino, D. 1995. "St Martin's Summer": the case of an autumn phytoplankton bloom in the Gulf of Naples (Mediterranean Sea). *J. Plankton Res.*, 17(3): 575-593.